

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA

LASER Femtosegundo: Evolução, eficácia e segurança na cirurgia da catarata

Maria Romana Salazar Sousa Silva

M

2018



LASER Femtosegundo: Evolução, Eficácia e Segurança na Cirurgia da Catarata

Dissertação de candidatura para conclusão de Mestrado Integrado em Medicina, submetida ao Instituto de Ciências Biomédicas Abel Salazar, da Universidade do Porto.

- Artigo de Revisão Bibliográfica

Discente: Maria Romana Salazar Sousa Silva

- Estudante do 6º ano profissionalizante do Mestrado Integrado em Medicina, Instituto de Ciências Biomédicas Abel Salazar, Universidade do Porto

-Nº aluno: 201206553

-Email: mariaromanasss@gmail.com

Orientador: Prof. Dr. Vasco Miguel Paupério Pinto de Miranda

- Assistente em Oftalmologia no Centro Hospitalar do Porto

- Professor Auxiliar Convidado da Unidade Curricular de Oftalmologia do Instituto de Ciências Biomédicas Abel Salazar da Universidade do Porto.

Agradecimentos

Ao meu orientador, Prof. Dr. Vasco Miranda pela disponibilidade demonstrada, pela orientação e transmissão de conhecimentos.

Resumo

A catarata corresponde à perda de transparência do cristalino pela sua opacificação, apresentando-se clinicamente com deterioração gradual da acuidade visual, hemeralopia e alteração da percepção das cores, que provocam diminuição da qualidade de vida. É comum em idosos, particularmente em maiores de 65 anos, sendo a idade o seu principal fator etiológico.

A catarata é a principal causa de cegueira a nível mundial, estimando-se que afete cerca de 95 milhões de pessoas e espectando-se que a prevalência aumente nas próximas décadas, implicando um aumento na necessidade de cirurgia de correção de catarata, reforçando o seu impacto em termos sociais, físicos e económicos.

A técnica de facoemulsificação, o atual *gold standard* da cirurgia de catarata, surgiu em 1967, inovando por ser menos invasiva e mais segura que a cirurgia da catarata extra-capsular. Nas últimas décadas, os procedimentos básicos da facoemulsificação têm permanecido inalterados existindo atualmente uma elevada taxa de sucesso, com mais de 95% das cirurgias a decorrer sem complicações intraoperatórias.

Nos anos setenta a aplicação de *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation* (LASER) na cirurgia da catarata começou a ser investigada, tendo o LASER Femtosegundo sido aprovado pela *Food and Drug Administration*, em 2000, para o retalho da córnea na *LASER-Assisted In-Situ Keratomileusis* e posteriormente para a aplicação na cirurgia da catarata em 2010.

O LASER Femtosegundo entrega pulsos ultracurtos (10^{-15} segundos) de energia com comprimentos de onda próximos do infravermelho. Os benefícios teorizados do seu emprego incluem menor energia de ultrassom necessária para a facoemulsificação, melhor arquitetura da ferida cirúrgica, redução do potencial para trauma mecânico das estruturas circundantes e precisão das incisões capsulares menos dependente do cirurgião que as executa. Podem levar a maior segurança e precisão, culminando em resultados refrativos mais previsíveis e menos complicações pós-operatórias.

O objetivo desta revisão bibliográfica é a análise dos dados mais recentes relativos à aplicação do LASER Femtosegundo na cirurgia da catarata, extrapolando conclusões relativamente à sua evolução, eficácia, segurança e futuro.

Foi realizada uma revisão da literatura através da consulta de artigos de língua portuguesa e inglesa, com um período de publicação entre 2000 e 2018, em bases de dados de relevo, PubMed e ScienceDirect.

Os resultados revistos nesta revisão bibliográfica não se demonstraram conclusivos relativamente à igualdade ou superioridade da cirurgia com LASER Femtosegundo face à

técnica convencional. Para o futuro regista-se a necessidade de estudos de larga escala, com maior período de follow-up, com randomização e dupla-ocultação.

Palavras-chave: Catarata; Extração de catarata; Capsulorrexis; Lasers; Facoemulsificação; Femtosegundo.

Abstract

Cataract is the loss of lens transparency due to its opacification, which presents clinically with reduced visual acuity, hemeralopia and reduced colour appreciation, leading to reduced quality of life to the patient. It is common among the elderly, particularly prevalent in people older than 65 years, as age is its main etiology.

Cataract is the main cause of blindness worldwide. It is estimated to affect nearly 95 million people and its prevalence is expected to grow in the next decades, which will increase the need for cataract surgeries, proving its social, physical and economic impact.

The phacoemulsification technic, the current gold standard in cataract surgery, was initially developed in 1967, and it innovated by its less invasive and safer technic than the extracapsular surgery. In the last decades, phacoemulsification basic procedures have remained unchanged and there's a big surgery success rate nowadays, with more than 95% of the surgeries occurring without intra-operative complications.

During the 1970's Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation (LASER) application in cataract surgery started being investigated, and Femtosecond LASER was first approved by the Food and Drug Administration in 2000 for the creation of lamellar flaps in LASER-Assisted In-Situ Keratomileusis (LASIK) and then for the cataract surgery in 2010.

Femtosecond LASER applies ultra-short (10^{-15} seconds), near-infrared energy pulses. The theorized benefits of the application of Femtosecond LASER to the cataract surgery include less ultrasound energy for phacoemulsification, better wound architecture, reduced potential trauma to the surrounding structures and less operator-dependent incision precision. It might lead to better safety and precision, leading to more predictable refractive results and less post-operative complications.

The aim of this bibliographic review is to analyse the most recent information about the use of Femtosecond LASER in the cataract surgery, reaching conclusions about its evolution, effectiveness, safety and future.

A review of the literature was made through the consultation of Portuguese and English written articles, published between 2000 and 2018, on relevant data bases, as PubMed and ScienceDirect.

The results analysed in this bibliographic review did not demonstrate to be conclusive about the equality or superiority of the FLACS against the standard procedure. In the future large-scale, randomised and double-blinded studies, with longer follow-up periods are needed.

Keywords: Cataract; Cataract extraction; Capsulorhexis; Lasers; Phacoemulsification; Femtosecond.

Abreviaturas

FDA: *Food and Drug Administration*

FLACS: *Femtosecond laser-assisted cataract surgery*

LASER: *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*

LASIK: *LASER-Assisted In-Situ Keratomileusis*

LIO: *Lente Intraocular*

LOCS: *Lens Opacities Classification System*

Nd.YAG: *Neodymium Yttrium Aluminum Garnet*

OCT: *Tomografia de Coerência Ótica*

Índice

1. Introdução.....	1
2. Métodos	3
3. Cataratas	4
3.1 Cataractogénese.....	4
3.2 Epidemiologia.....	5
3.3 Diagnóstico.....	6
4. Abordagem Cirúrgica da Catarata	6
5. <i>Standard</i> atual: Facoemulsificação	8
6. LASER Femtosegundo.....	8
6.1 Procedimento.....	10
6.1.1 Planeamento pré-cirúrgico.....	10
6.1.2 Posicionamento do doente	10
6.1.3 Dilatação pupilar e anestesia	10
6.1.4 Acoplamento ocular	10
6.1.5 Obtenção de imagem por Tomografia de Coerência Ótica.....	11
6.1.6 Capsulotomia.....	12
6.1.7 Fragmentação ou liquefação do cristalino	13
6.1.8 Correção do astigmatismo	15
6.1.9 Criação de portas de entrada	15
6.2 Limitações	15
6.3 Curva de aprendizagem.....	16
6.4 Custo e eficácia.....	16
6.5 Efeito nas células endoteliais	18
6.6 Resultados na visão	18
6.7 Segurança	19
7. Conclusões e Futuro	20
8. Referências Bibliográficas	23

1. Introdução

A catarata é uma doença caracterizada pela opacificação do cristalino, que cursa com diminuição da acuidade visual, por alteração do índice de refração. O cristalino sofre alterações na maioria da população com mais de 65 anos, sendo a idade avançada a principal causa de cataratas ^{1,2}.

A catarata é a principal causa de cegueira a nível mundial e a cirurgia para a sua correção é o procedimento cirúrgico mais realizado no mundo, com um número estimado de 19 milhões de cirurgias anuais ³. Contudo, prevê-se que este número venha a aumentar, em resultado do tamanho crescente da população, do aumento da esperança média de vida, do incremento das doenças crónicas associadas ao envelhecimento, como a diabetes *mellitus*, e do desenvolvimento das expectativas relativamente à saúde.

O *gold standard* atual no tratamento das cataratas é a facoemulsificação, que surgiu em 1967 e, desde essa altura, suplantou a técnica cirúrgica dominante anteriormente, ao permitir uma menor incisão cirúrgica, sem necessidade de suturas, menor indução de astigmatismo, menor inflamação pós-operatória, e a conversão deste procedimento cirúrgico num ato realizável em regime de ambulatório ^{3,4}.

A tecnologia que envolve o LASER Femtosegundo foi aprovada para a cirurgia oftálmica em 2000, tendo sido recentemente desenvolvida para integrar a cirurgia da catarata ⁵. A aplicação do LASER Femtosegundo permite uma capsulotomia mais precisa e uma redução da energia usada pela facoemulsificação, diminuindo o trauma das estruturas adjacentes ⁶. Esta técnica tem sido apresentada como um avanço à cirurgia convencional, aumentando a eficácia e a segurança deste procedimento. Contudo, a relação custo-benefício da sua utilização é ainda controversa.

A missão do LASER Femtosegundo é complexa pois a técnica *standard* implementada, a Facoemulsificação, apresenta atualmente baixas taxas de complicações e altas taxas de satisfação dos doentes, impondo ao LASER Femtosegundo, para provar a sua efetividade e o benefício na sua implementação, a necessidade de reduzir uma margem de erro já pequena, sem introduzir novas complicações ou novos efeitos adversos ^{7,8}.

Os apoiantes da implementação do LASER Femtosegundo defendem que esta tecnologia irá originar melhores resultados cirúrgicos, trará um melhor perfil de segurança e abrirá caminho a novos avanços nesta área ⁸. Contudo, os opositores à sua adoção advogam que os resultados obtidos atualmente com o procedimento *standard* são já muito positivos, sendo este um procedimento muito seguro, estando

estabelecida uma boa rede de profissionais treinados e equipamentos disponíveis para a sua utilização, o que tornaria o custo extremamente elevado do LASER Femtosegundo injustificado ⁷.

O objetivo desta revisão bibliográfica é a análise dos dados mais recentes relativos à aplicação do LASER Femtosegundo na cirurgia da catarata, de forma a extrapolar conclusões relativamente à sua evolução, eficácia e segurança, bem como ao futuro desta prática cirúrgica.

2. Métodos

Foi realizada uma revisão da literatura através da consulta de bases de dados de relevo, PubMed e ScienceDirect, utilizando as seguintes palavras-chave: “Femtosecond”; “Femtosecond laser”; “Cataract”[MesH]; “Cataract extraction”[MesH]; “Capsulorhexis”[MesH]; “Lasers”[MesH]; “Phacoemulsification”[MesH], e a combinação destas.

Foram consultados artigos de língua portuguesa e inglesa, com um período de publicação entre 2000 e 2018. Os artigos foram selecionados tendo em conta o seu título, a sua data de publicação e o seu resumo, tendo alguns artigos sido excluídos após a sua leitura, pelo facto do seu conteúdo, relevância ou pertinência se terem revelado desadequados ao objetivo da presente revisão bibliográfica.

Durante a construção desta revisão bibliográfica surgiu a necessidade de utilizar alguns artigos de revisão científica para a introdução de conceitos sólidos, globalmente aceites.

3. Cataratas

A catarata corresponde à perda de transparência do cristalino pela sua opacificação. O cristalino é uma estrutura avascular, sem inervação, biconvexa, composta por fibras geradas pelo seu epitélio, que migram desde a periferia até ao centro. Este processo migratório faz com que o núcleo do cristalino seja formado por fibras mais antigas e a periferia (córtex) por células recém-formadas. As fibras do cristalino são rodeadas por uma cápsula fina. A função desta estrutura biconvexa é refratar e focar os feixes de luz na retina e promover a acomodação ^{1,4}.

A catarata relacionada com a idade pode ser diferenciada em nuclear, cortical e subcapsular posterior, podendo os diferentes tipos existir em simultâneo, variando a sua distribuição geográfica e os fatores etiológicos consoante os diferentes tipos morfológicos. A maioria dos doentes com cataratas apresenta mais do que um tipo morfológico em simultâneo ^{9,10}.

É uma doença comum nos idosos, e é especialmente prevalente em maiores de 65 anos. Esta patologia manifesta-se com deterioração gradual da acuidade visual, alteração da perceção das cores, diminuição da sensibilidade ao contraste, hemeralopia e ocasionalmente diplopia monocular ². Alterações na acuidade visual decorrentes das cataratas têm efeitos negativos na qualidade de vida do doente. Nos estágios iniciais do desenvolvimento da patologia, a diminuição da acuidade visual e os sintomas associados podem ser minorados através de correção refrativa adequada e filtros cromáticos / polarizados. A abordagem cirúrgica geralmente é proposta quando a perda de visão adquire uma magnitude significativa, afetando as atividades de vida diária do doente; quando é expectável que a cirurgia contribua para a melhoria dos sintomas que lhe podem estar associados; ou quando a catarata, pelo seu volume, provoca uma redução do ângulo iridocorneano e aumenta de forma significativa o risco de desenvolver glaucoma de ângulo estreito ¹.

3.1 Cataractogénese

A idade é o principal fator etiológico para a catarata ¹, estando descritos múltiplos fatores de risco para a cataractogénese, como a diabetes *mellitus*, exposição crónica à radiação ultravioleta, os esteroides e o tabagismo. Outros fatores com menor risco relativo ou ainda em estudo incluem a terapia hormonal e os estrogénios exógenos, a miopia, o consumo de gorduras e o excesso de peso, entre outros ^{9,10}. A catarata pode também ser hereditária ou congénita. A catarata pediátrica corresponde a uma das principais causas de cegueira tratável em idade pediátrica. Fatores genéticos, doenças

metabólicas, síndromes multissistêmicos, infecções intra-uterinas, trauma, efeitos tóxicos ou causas idiopáticas são os seus principais fatores etiológicos ^{1,11}.

3.2 Epidemiologia

As cataratas são a principal causa de cegueira a nível mundial ⁹, estimando-se que afete cerca de 95 milhões de pessoas globalmente ¹. Um estudo realizado estimou que em 2000, nos Estados Unidos da América existissem 20.5 milhões de pessoas, com idade igual ou superior a 40 anos, com cataratas e que, com o aumento da esperança média de vida, a prevalência em 2020, aumentasse para 30.1 milhões de doentes afetados por esta patologia ¹². Nos Estados Unidos da América, as cataratas são a principal causa de perda de visão, estimando-se que cerca de um terço da sua população irá necessitar de uma cirurgia para correção de cataratas durante a vida ¹³. Esta patologia tem um impacto relevante em termos sociais, físicos e económicos ¹⁰, sendo responsável por uma percentagem importante dos gastos em saúde relacionados com a visão ¹². Estima-se que nos Estados Unidos da América 50% da população com idade compreendida entre os 65 e os 74 anos e 70% das pessoas com mais de 75 anos tenham cataratas ¹⁴.

90% dos casos de cataratas descritos encontram-se nos países em desenvolvimento ¹⁰, manifestando-se como um problema de saúde pública de elevada dimensão nestes países ¹⁵, particularmente entre os indivíduos do sexo feminino, estando relatadas maiores taxas de perda de visão devidas às cataratas nas mulheres, mundialmente ^{9,12}. O tratamento foi um dos principais objetivos traçados pela WHO e pela *International Agency for the Prevention of Blindness* aquando da apresentação do projeto *VISION 2020: The Right to Sight* em 1999, cujo principal objetivo passa por eliminar a cegueira evitável até 2020 ¹⁵. A WHO estima que a catarata não corrigida cirurgicamente seja responsável por 35% dos casos de cegueira ¹⁶.

Estudos demonstraram o aumento da prevalência das cataratas com o envelhecimento, bem como uma maior prevalência em indivíduos do sexo feminino do que masculino ^{10,12}. Um estudo realizado com uma população específica, a população Latina residente em Los Angeles, corroborou o aumento significativo da prevalência de todos os tipos de cataratas em doentes com idade mais avançada e um predomínio da catarata cortical nesta população, face à prevalência comparativamente aumentada de catarata nuclear em caucasianos ¹⁴. Detetou-se ainda uma maior prevalência da catarata nuclear em indivíduos do sexo feminino ¹⁴.

Com o aumento da esperança média de vida, o crescimento populacional, o aumento das expectativas em saúde dos doentes e o aumento da prevalência de

doenças crónicas relacionadas com a idade e contribuintes para as cataratas, espera-se um aumento na necessidade de cirurgia de correção de catarata ¹⁷.

3.3 Diagnóstico

Na presença de um doente com queixas visuais, a avaliação inicial passa pela determinação da acuidade visual, através da tabela de acuidade visual de Snellen, que tem sido difusamente utilizada na prática clínica. Contudo, esta avaliação, isoladamente, não revela as alterações oculares na sua totalidade, nem o diagnóstico se baseia apenas na alteração da acuidade visual. Em cuidados de saúde primários, recorrendo ao teste do luar pupilar, o reflexo que normalmente seria vermelho vivo, na presença de catarata (particularmente visível com os tipos cortical ou subcapsular posterior), surgirá com áreas escuras, induzindo a suspeita de diagnóstico. A avaliação oftalmológica com um biomicroscópio permite confirmar o diagnóstico, bem como caracterizar o tipo e a densidade da catarata ⁴.

4. Abordagem Cirúrgica da Catarata

Apesar da luxação da catarata ter sido inicialmente descrita há milhares de anos no Antigo Egipto, foi durante o século XX que sofreu múltiplos avanços até culminar na técnica de facoemulsificação, aceite atualmente como *gold standard* ¹⁸. Notoriamente, evoluiu também de uma técnica utilizada unicamente para restaurar a visão, através da remoção exclusiva do cristalino sem colocação de lente intra-ocular ⁴ para procedimento refrativo atual, que combina a restauração da transparência do meio ocular com a otimização do poder refrativo do olho ¹⁹.

Com o avanço tecnológico na área das lentes intraoculares, é atualmente possível aliar o tratamento da catarata à eliminação dos erros refrativos e até à compensação da presbiopia ¹. Dr. Harold Ridley, Oftalmologista britânico, introduziu o conceito de lente intraocular na cirurgia da catarata em 1949, após ter notado a boa tolerância aos fragmentos de plástico alojados nas câmaras anteriores, demonstrada pelos pilotos atingidos por fragmentos plásticos do cockpit, quando sobreviviam ao abate dos aviões que pilotavam. Desde a sua introdução, as lentes intraoculares foram alvo de modificações relativamente ao formato, material constituinte, localização, esfericidade, toricidade e número de pontos focais, o que tem permitido uma rápida recuperação visual e importantes avanços cirúrgicos. A maioria das lentes intraoculares empregues atualmente são de polímeros de acrílico ou silicone ⁴.

A aplicação de LASERs na cirurgia da catarata começou a ser investigada nos anos setenta ²⁰. O LASER Árgon, cujo comprimento de onda se situa no espectro da luz visível, foi o primeiro laser a ser empregue clinicamente em Oftalmologia ⁵. Este funciona através da vibração molecular, provocando efeitos térmicos localizados, tendo um efeito de fotocoagulação nos tecidos ^{5,19}. Seguiu-se o Neodymium yttrium aluminum garnet (Nd:YAG), com comprimento de onda próximo do infravermelho e com efeito de fotodisrupção, que provocaria um dano tecidual que poderia exceder os 100 µm ⁵.

O LASER Excimer surgiu após o Nd:YAG, e apresenta um comprimento de onda do espectro próximo da gama ultravioleta, tem efeito de fotoablação nos tecidos e é absorvido pela superfície anterior da córnea, tendo excelentes resultados na ablação da córnea, mas não na cirurgia da catarata ^{5,20}.

No início dos anos noventa, Dr. Juhasz e a sua equipa construíram o protótipo do primeiro sistema oftalmológico com o LASER Femtosegundo, na *University of Michigan College of Engineering Center for Ultra-fast Optical Sciences*. Vários membros desta equipa criaram *The IntraLase Corporation* em 1997. Em 2000 a FDA aprovou o *IntraLase* para o retalho da córnea na cirurgia LASIK. Os sistemas iniciais do LASER Femtosegundo eram sensíveis a perturbações ambientais, exigindo condições de humidade e temperatura restritas ⁵.

A primeira cirurgia da catarata com recurso ao LASER Femtosegundo em humanos foi realizada em agosto de 2008, em Budapeste, pelo Professor Nagy, com recurso ao *LenSx LASER*. O LASER Femtosegundo obteve aprovação da FDA para a aplicação na cirurgia da catarata em 2010 ²¹. Em fevereiro de 2010 realizou-se o segundo procedimento, em Houston (EUA) pelo Dr Slade ²².

O LASER Femtosegundo destaca-se dos restantes pela curta duração dos seus pulsos (1 femtosegundo = 10^{-15} segundos), quando comparado com outros LASERs utilizados na cirurgia ocular, que empregam pulsos com 10^{-9} segundos, tais como o Árgon (fotocoagulação), Excimer (fotoablação) e Nd:YAG (fotodisrupção) ²¹.

O primeiro LASER Femtosegundo funcionava com 30 kiloHertz, tendo evoluído para uma taxa de repetição duplicada, 60 kHz e posteriormente para 160 kHz, sendo este último LASER capaz de criar um retalho da córnea em dez segundos. Com maiores taxas de repetição, menor energia é necessária para se obter o mesmo efeito tecidual

¹⁹.

5. *Standard* atual: Facoemulsificação

A facoemulsificação surgiu em 1967, pela mão de Charles Kelman, inovando pela introdução de uma técnica capaz de atingir o mesmo objetivo que as anteriores, mas com uma menor ferida cirúrgica, dado permitir a inclusão de um instrumento capaz de remover a catarata por uma pequena incisão ³. Esta nova técnica supriu a necessidade de solucionar o entrave causado pelas grandes dimensões da incisão na cirurgia da catarata, causadora de cicatrização demorada, astigmatismo induzido pelo procedimento, complicações intraoperatórias e pós-operatórias e de tempos de internamento hospitalar prolongados ^{3,7}.

Os avanços tecnológicos e o aprimoramento da técnica cirúrgica, posicionaram a cirurgia da catarata num lugar de destaque, como um dos procedimentos mais comuns e seguros da área médica ⁸. Os procedimentos básicos da facoemulsificação têm permanecido inalterados nos últimos vinte anos, existindo atualmente uma elevada taxa de sucesso, com mais de 95% das cirurgias a decorrer sem complicações intraoperatórias ^{7,23}.

O procedimento *standard* atual inicia-se com uma pequena incisão na córnea, preenchimento da câmara anterior com material visco-elástico, abertura de uma segunda incisão corneana e abertura manual da cápsula anterior do cristalino (capsulorrexis circular contínua). Posteriormente realiza-se a hidrodisseção e hidrodelaminação da catarata, seguida da facoemulsificação assistida por ultrassom e a sua completa aspiração e polimento capsular. Por fim é implantada uma lente intra-capsular ^{13,24}. Estes procedimentos são considerados passíveis de serem melhorados na sua efetividade e segurança ²³.

As complicações intraoperatórias mais comuns com a facoemulsificação são a ruptura capsular anterior e posterior, seguido pela luxação vítrea de massas. Contudo, as complicações pós-operatórias são significativamente mais frequentes, predominando o alvo refrativo não alcançado, opacificação capsular posterior e edema macular cistóide ⁷.

6. LASER Femtosegundo

O LASER Femtosegundo entrega pulsos ultracurtos (Femtosegundo: 10^{-15} segundos) de energia com comprimentos de onda próximos do infravermelho, 1053 nm ²⁵. Os pulsos do LASER Femtosegundo criam microcavitações de bolhas de plasma,

expansoras, na ordem de 1.0 μm , que separam os planos teciduais de forma precisa sem virtualmente nenhum dano colateral da zona envolvente, criando planos de corte ²².

As inovações na tecnologia LASER revolucionaram a cirurgia Oftalmológica ²⁰. A tecnologia do LASER Femtosegundo foi inicialmente utilizada em Oftalmologia para a criação de retalhos de córnea na cirurgia LASIK ²³, tendo emergido como uma alternativa ao procedimento manual, para as incisões corneanas auto-estanques, capsulotomias anteriores e fragmentação nuclear ²⁶.

A incorporação do LASER Femtosegundo na cirurgia da catarata permite a criação de capsulotomias perfeitamente circulares com diâmetro e centralidade precisos, com dano colateral mínimo, contribuindo para isso o facto de o comprimento de onda do LASER Femtosegundo não ser absorvido pela córnea ^{23,27,28}.

Os benefícios descritos do emprego do LASER Femtosegundo na cirurgia da catarata incluem menor energia de ultrassom necessária para a facoemulsificação, melhor arquitetura da ferida cirúrgica, redução do potencial para trauma mecânico das estruturas circundantes e precisão das incisões capsulares menos dependentes do cirurgião que a executa ²³. Consequentemente, poderá ajudar a minimizar a inflamação mediada por prostaglandinas e o edema macular cistóide. Pode levar a maior segurança e precisão, culminando em resultados refrativos mais previsíveis e menos complicações pós-operatórias ^{8,29-31}.

O sistema *LenSx Laser System* foi o primeiro sistema de LASER Femtosegundo a ser comercializado e, atualmente existem cinco sistemas de FLACS disponíveis no mercado: *LenSx Laser System (Alcon, Fort Worth, TX)*; *Catalys Precisions Laser System (Abbott Medical Optics, Abbott Park, IL)*; *LENSAR (LENSAR inc, Orlando, FL)*; *VICTUS Femtosecond Laser Platform (Bausch and Lomb, Rochester, NY)*; e *Femto LDV platform (Ziemer Ophthalmic Systems, Switzerland)* ²⁰.

As características dos sistemas de LASER são diferentes, nomeadamente na interface (com meio líquido ou contacto direto com a córnea), técnica de imagem (OCT ou Scheimpflug imaging), o perfil de energia utilizado e o padrão de corte empregue na fragmentação do cristalino ³².

6.1 Procedimento

Apesar de existirem ligeiras particularidades nas características das plataformas de FLACS atuais, o procedimento base da cirurgia FLACS é consistente entre elas, envolvendo as seguintes etapas.

6.1.1 Planeamento pré-cirúrgico

O planeamento pré-cirúrgico deverá ser realizado numa consulta em data prévia ao procedimento, em ambiente calmo e durante o qual o candidato a cirurgia deverá ser esclarecido relativamente ao procedimento a que será submetido, às suas vantagens e riscos intra e pós-operatórios. O doente deverá ser incentivado a colocar as suas dúvidas, preocupações ou questões relevantes e, após o seu esclarecimento, o doente deverá assinar um consentimento informado ²².

6.1.2 Posicionamento do doente

No bloco operatório, o doente deverá ser acomodado numa posição supina, com a cabeça apoiada num suporte relativamente duro, que prevenirá movimentos indesejados aquando do posicionamento do sistema de interface. O posicionamento de acordo com a plataforma cirúrgica tem também um papel importante nos resultados obtidos, sendo a cifose, o tremor, a demência, a obesidade ou outras inabilidades para o posicionamento, entraves a uma cirurgia ideal ^{20,22}.

6.1.3 Dilatação pupilar e anestesia

É proposta a dilatação pupilar farmacológica standard e a administração de anestesia tópica recorrendo ou não a sedação leve, estando esta última frequentemente recomendada em doentes mais jovens ²². Idealmente é preferida a anestesia tópica, pela vantagem conferida pela capacidade do doente intervir no posicionamento da interface.

6.1.4 Acoplamento ocular

Para que se estabeleça o contacto entre o sistema do LASER e o olho, a interface optomecânica é essencial, pois permitirá a entrega do feixe de LASER, manter

a estabilidade mecânica do olho durante o procedimento e o registo da anatomia ocular em imagens em duas e três dimensões para guiar o tratamento ²⁰. As plataformas de acoplamento ocular são variáveis consoante o sistema de LASER utilizado.

As deformações severas durante a aplanção empregues pelas versões iniciais dos sistemas de FLACS resultavam frequentemente em aumentos significativos da pressão intraocular e em extensas áreas de hemorragia subconjuntival ²⁰. A deformação contra uma superfície rígida pode originar dobras na superfície corneana posterior, o que poderá ter repercussões na precisão milimétrica da cirurgia FLACS, culminando em capsulotomias incompletas ²⁰.

A interface ótica líquida (utilizada no *Catalys laser system*), que consiste num anel de sucção e numa lente de imersão líquida, quando comparada com sistemas de acoplamento rígidos, está associada a melhores resultados cirúrgicos, com ausência de dobras na córnea e minimização das hemorragias subconjuntivais pós-operatórias, a um aumento da pressão intraocular mínimo durante o vácuo (15 mmHg), bem como maior conforto para o doente e ausência de amaurose transitória ³³, o que aumenta a segurança da sua utilização na população idosa ^{8,20}. Esta interface tem como fator limitante a largura da fissura palpebral para acomodar o anel de sucção.

Em algumas plataformas de LASER é utilizada uma lente de contacto curvilínea *standard*, que reduz a deformação do globo ocular e o aumento da pressão intraocular, quando comparado com a lente de contacto de aplanção, contudo o uso de uma interface *standard* não permite acoplamentos ideais pelas variações anatómicas populacionais ²⁰.

A necessidade de se obter um acoplamento eficiente foi trazida pela cirurgia FLACS, contudo existem múltiplos fatores que dificultam a realização de um acoplamento ideal, nomeadamente a ansiedade e a baixa colaboração do doente. O blefarospasmo severo, a fissura palpebral estreita, órbitas profundas, pterígio grande, e a conjuntivocalásia são características que poderão impossibilitar a obtenção da sucção ou predispor para a sucção ser perdida rapidamente e não ser sustentada ²⁰.

6.1.5 Obtenção de imagem por Tomografia de Coerência Ótica

Na cirurgia da catarata assistida pelo LASER Femtosegundo, a córnea é conectada ao LASER usando uma interface e o segmento anterior é visualizado através do OCT. A imagem obtida através da aplicação do OCT permite, através de cortes axiais

e sagitais, definir a superfície da córnea, do cristalino, da íris e as zonas de segurança da cápsula posterior ^{8,33}.

Utilizando as imagens intraoperatórias do OCT são planeados os padrões de fotodisrupção para a capsulotomia anterior, a fragmentação do cristalino e as incisões da córnea ²⁷. O mapeamento em três dimensões otimiza as distâncias de segurança às estruturas adjacentes, nomeadamente à íris e à superfície posterior do cristalino, bem como a reprodutibilidade e a precisão das incisões, precisão não alcançável com outras técnicas manuais ou mecânicas ³³. A inexactidão deste procedimento ou qualquer alteração no alinhamento do doente ou da plataforma LASER, aumenta o risco de incisões corneanas imprecisas, capsulotomias incompletas, lesões da íris e rutura capsular posterior ⁷.

6.1.6 Capsulotomia

A criação da capsulotomia é definida como um dos passos mais difíceis e desafiantes na cirurgia da catarata ³⁴. A capsulotomia ideal deverá ser uma abertura circular, bem centrada, ligeiramente inferior do que a lente intraocular empregue, para que a cápsula anterior cubra a periferia da lente aplicada em 0,5 mm nos 360°, garantindo a sua colocação no saco capsular ³³. Definiu-se a dimensão ideal da capsulotomia como medindo 5,25 mm de diâmetro, ocorrendo o limite da capsulotomia na região mais espessa da cápsula ³⁵. O padrão da capsulotomia realizada pelo LASER Femtosegundo ocorre de direção postero-anterior, em espiral, com início na região anterior do cristalino, e término na extremidade inferior da câmara anterior. Esta orientação assegura a interseção entre a incisão e a cápsula anterior ³³.

A realização de uma capsulotomia manual é particularmente difícil em casos de má midríase, fraca visibilidade, fragilidade e/ou deiscência zonular, na catarata pediátrica, na catarata madura, nas cápsulas fibrosadas e nas câmaras anteriores pouco profundas ³³.

As vantagens teorizadas do FLACS na capsulotomia são o aumento da consistência das dimensões, da forma e da sua centralização, com a criação uma capsulotomia anterior mais precisamente circular e reprodutível, que se poderá traduzir num posicionamento da lente intraocular mais previsível, com melhor centralização, redução da incidência de opacificação capsular posterior e melhores resultados refratários ^{26,35-37}.

Kránitz, *et al*, num estudo comparativo entre os parâmetros da capsulotomia criada pelo LASER Femtosegundo e a capsulotomia curvilínea contínua manual demonstrou uma maior precisão no tamanho, forma e centralização da capsulotomia com recurso ao LASER Femtosegundo, o que originou melhores parâmetros de sobreposição, que permitiram um posicionamento da lente intraocular adequado ³⁸.

Um estudo realizado por Nagy, *et al*, comparou a realização da capsulotomia anterior manual com a do LASER Femtosegundo (plataforma *LenSX Lasers Inc*). O procedimento manual produziu capsulotomias não uniformemente circulares, com diferenças médias entre eixos x e y de cerca de 300 µm, e as criadas com o LASER Femtosegundo revelaram-se uniformes, mais previsíveis e com precisão significativamente superior ²³.

A capsulotomia irá influenciar significativamente o posicionamento axial da lente intraocular, sendo que uma sobreposição completa aumentará a probabilidade da LIO permanecer na posição adequada. Uma capsulotomia pequena pode culminar em deslocamento posterior da LIO por um deslocamento hipertónico ou uma fimose capsular, capaz de interferir com a visão. Uma capsulotomia com dimensões aumentadas ou assimétricas permitirá que as forças contrácteis exercidas na cápsula provoquem deslocamento ou inclinação da LIO, induzindo deslocamento miótico ou astigmatismo, respetivamente, e poderá ser responsável por aumentos no risco de opacificação capsular posterior. Na maioria dos olhos humanos, alterações no posicionamento da LIO de 0,5 mm provocam mudanças no erro refrativo de cerca de 1.0 D ^{19,33}.

Contudo, o real benefício clínico da maior precisão da capsulotomia ainda não é consensual. Um estudo recente realizado por Findl, *et al* demonstrou não existir influência relevante do tamanho e da forma da capsulotomia nos resultados relativos a alteração da profundidade da câmara anterior, na inclinação e na descentralização da lente intraocular, bem como nas alterações fibróticas ou nas dimensões da capsulotomia, 3 meses após o procedimento cirúrgico ³⁶.

6.1.7 Fragmentação ou liquefação do cristalino

O tempo total de emissão de ultrassom na facoemulsificação é considerado um fator de risco major para o desenvolvimento de edema da córnea pós operatório, sendo esta uma das principais complicações deste procedimento, responsável pelo atraso na reabilitação visual habitual ³⁹. A diminuição do tempo de facoemulsificação efetiva na

cirurgia com LASER Femtosegundo demonstrou reduzir a perda de células endoteliais e o edema da córnea, que poderão melhorar os resultados visuais precoces e acelerar a recuperação da visão ⁴⁰.

O padrão de fragmentação empregue na abordagem do cristalino na cirurgia da catarata com LASER Femtosegundo sofre variações consoante a plataforma LASER utilizada ³².

A liquefação é preferida em cristalinos mais moles, através da criação de anéis concêntricos (padrão cilíndrico) para mudança de refração da lente (LOCS até grau 2.0) em miopias elevadas e hipermetropia. Este padrão predomina em indivíduos mais jovens ^{19,22}.

A fragmentação é indicada para cristalinos mais duros (LOCS superiores a 2.0 até grau + 3.5), existindo múltiplas modalidades de corte para facilitar a extração do núcleo, nomeadamente o padrão em cruz (2 cortes perpendiculares), padrão em bolo (6-8 cortes), padrão em bolo com cortes concêntricos (padrão híbrido) ²².

Um estudo avaliou os parâmetros da facoemulsificação, através da comparação do tempo de remoção do núcleo e da energia cumulativa dissipada, entre diferentes plataformas de LASER Femtosegundo e o método manual, tendo demonstrado menor tempo de remoção do núcleo com FLACS (particularmente com a plataforma *Catalys*), não tendo verificado diferenças significativas na energia cumulativa dissipada ³².

Um estudo realizado por Nagy *et al*, comparou a facofragmentação manual com a do LASER Femtosegundo (plataforma *LenSX Lasers Inc*). Nos olhos submetidos ao tratamento com LASER Femtosegundo a energia aplicada foi reduzida 43% e verificou-se uma redução de 51% no tempo efetivo de facoemulsificação. Registou-se que os cristalinos que haviam recebido fragmentação pelo LASER Femtosegundo eram mais facilmente divisíveis em fragmentos, requerendo por isso menores requisitos de tempo e energia aplicada para se realizar uma remoção completa da lente ²³.

A criação de fragmentos menores aquando da facoemulsificação pelo LASER Femtosegundo (*Catalys*) pode ser empregue como uma estratégia para remover de forma mais eficiente e rápida o núcleo, havendo evidências de que a obtenção de menores fragmentos lenticulares após a fragmentação pelo LASER Femtosegundo aumenta a eficiência da emulsificação ³².

Um estudo realizado em cataratas duras, originadas pela deposição continuada de fibras no núcleo, revelou que o uso de FLACS reduziu o tempo e a energia empregue

na facoemulsificação, resultando em menor trauma e recuperação mais rápida do que a cirurgia convencional ⁴¹.

6.1.8 Correção do astigmatismo

O LASER Femtosegundo pode também ser empregue para minorar o astigmatismo pós-operatório, patologia frequente nestes doentes. Este procedimento é realizado através da criação de incisões corneanas que minimizam o astigmatismo, simultaneamente ao tratamento da catarata. O LASER Femtosegundo permitirá a criação de incisões mais precisas do que o procedimento manual ²⁹.

6.1.9 Criação de portas de entrada

Uma importante aplicação do LASER Femtosegundo é a criação de portas de entrada, com qualquer localização e tamanho na córnea ²². Estas incisões corneanas são auto-estanques e facultam uma porta de entrada para aceder à câmara anterior. A precisão da incisão e a consistência da sua arquitetura, conferidas pelo LASER Femtosegundo, possibilitam uma melhor cicatrização pós-operatória, permitindo um melhor controlo da infeção pós-operatória ¹⁹.

Um estudo desenvolvido por Masket *et al*, em olhos de cadáver, demonstrou que a utilização do LASER Femtosegundo na criação de incisões da córnea resultou em maior estabilidade e reprodutibilidade da incisão e a menor tendência a extravasamento ⁴².

6.2 Limitações

Cicatrizes da córnea são uma contra-indicação para a aplicação do LASER Femtosegundo, sendo também contra-indicações relativas a catarata madura e a pupila pequena, não dilatável, inferior a 6 mm de diâmetro ¹⁹. Estão descritas ainda algumas contraindicações relativas, que variam consoante a plataforma de LASER empregue, como a doença vascular da retina e a lesão do nervo ótico.

6.3 Curva de aprendizagem

A adoção de novas técnicas implica a aquisição de conhecimentos, relativos à nova tecnologia e à sua integração na cirurgia.

A automatização de alguns dos procedimentos cirúrgicos facultada pelo LASER Femtosegundo tem o potencial de reduzir complicações cirúrgicas, particularmente em cirurgiões com experiência e níveis de aptidão variáveis ³⁰. A precisão das incisões capsulares criadas com LASER Femtosegundo é descrita como pouco dependente do cirurgião que a executa ²³.

O estudo conduzido por Yesilirmak, *et al* demonstrou que a cirurgia com LASER Femtosegundo poderia atenuar as discrepâncias entre cirurgiões pouco experiente e especialistas em cirurgia convencional, após terem sido obtidos resultados semelhantes relativamente à energia cumulativa dissipada e ao tempo de remoção do núcleo, ao contrário dos resultados obtidos com a cirurgia convencional que se mostraram significativamente diferentes entre estes grupos ³².

Bali *et al*, num estudo prospetivo comprovou a existência de uma curva de aprendizagem associada ao uso do LASER Femtosegundo na cirurgia da catarata, sendo esta curva atenuada pela experiência prévia com o LASER e pela evolução da técnica cirúrgica. Verificou-se uma significativa diminuição das tentativas de acoplamento, redução dos casos de miose após o procedimento LASER e de capsulotomias free-floating, com evolução temporal, limitada aos primeiros 100 procedimentos ⁴³.

Apesar do LASER Femtosegundo facilitar e aumentar a previsibilidade dos procedimentos cirúrgicos, múltiplos estudos relatam a existência de uma inegável curva de aprendizagem associada a uma maior taxa de complicações inicial ^{8,30,37}, colmatada, segundo Roberts, *et al* pela evolução da técnica cirúrgica, avanços tecnológicos e pela experiência cumulativa do cirurgião ³⁰.

6.4 Custo e Eficácia

Tendo em consideração que a sua adoção implica uma sobrecarga financeira importante, a ausência de uma relação de custo-eficácia comprovada é o maior obstáculo à adoção da FLACS como o novo *standard* na cirurgia de catarata ⁴⁴. O custo elevado, que se verifica pelo custo inicial da compra do sistema de LASER Femtosegundo, manutenção, desvalorização e da interface individual do doente é ainda difícil de justificar atualmente face aos resultados obtidos.

O custo inicial da plataforma de LASER Femtosegundo varia entre 175.000 e 350.000 libras, a sua manutenção anual custa entre 20.000 e 35.000 libras e o custo da interface necessária ao tratamento custa entre 99 e 170 libras por doente ¹⁷.

É defendido que o mercado tecnológico tende a tornar as novas tecnologias economicamente aceitáveis com o avançar do tempo, considerando-se que, na próxima década, o elevado custo do LASER Femtosegundo não será o maior entrave à sua implementação ⁷.

Ibrahim, *et al* estudaram a eficiência da implementação do LASER Femtosegundo na cirurgia da catarata no sistema de saúde público no Canadá, através da avaliação do tempo que o doente permaneceu no bloco operatório e do número de procedimentos realizados num dia de trabalho, previamente (com o método convencional facoemulsificação) e após a implementação do LASER Femtosegundo. Este estudo retrospectivo, teve como amostra 199 olhos intervencionados com o *gold standard* atual e 235 olhos tratados com o LASER Femtosegundo, pelo mesmo cirurgião. Concluiu-se que os doentes submetidos a FLACS permaneceram durante um tempo significativamente superior no bloco operatório (28,0 min vs 22,7 min; $p < 0,001$), o tempo total da cirurgia foi também significativamente superior com FLACS (13,5 min vs 9,0 min; $p < 0,001$), tal como o tempo despendido na parte manual do procedimento (10,6 min vs 9 min; $p < 0,001$). Verificaram também a existência de uma pequena curva de aprendizagem, após terem verificado que após 4 dias do início da abordagem com FLACS, o número de cirurgias cresceu de 10/dia para 14/dia, igualando o método convencional ³⁷.

Num modelo teórico criado para avaliar a eficácia da implementação do FLACS no Sistema de Saúde Público inglês, através de um sistema “*hub and spoke*”, estimou-se que, com a produtividade existente, o custo da cirurgia convencional com facoemulsificação seria de 433 libras e o custo do FLACS de 600 libras (não assumindo um aumento da produtividade). Segundo este modelo utilizar-se-ia uma sala de bloco operatório para a aplicação do LASER Femtosegundo (onde o doente estaria no máximo 10 min) e 2 blocos operatórios, a funcionar em simultâneo, onde se desenrolariam os procedimentos subsequentes (onde o doente estaria no máximo 24 min). Este estudo verificou que a porção mais cara do procedimento FLACS é a interface do doente (média 135 libras/caso, representando cerca de 27% do custo total do procedimento; sendo este um custo difícil de reduzir). Neste estudo ressalva-se que a comparação entre FLACS e FACO foi realizada igualando os resultados entre os 2 procedimentos, contudo salienta-se que, caso se verifiquem vantagens significativas para a segurança e

melhores resultados para o doente com o FLACS, haverá maiores implicações financeiras positivas da sua implementação. Concluiu-se que o FLACS será apenas financeiramente viável se ocorrerem melhorias na eficiência, no número de casos tratados e/ou se o preço da interface do doente for reduzido consideravelmente ¹⁷.

A tecnologia FLACS permite diminuir o número de passos cirúrgicos em que é imprescindível um cirurgião treinado e experiente, o que poderá ser empregue como uma estratégia para potenciar o número de casos abordados num dado período de tempo, o que amorteceria e rentabilizaria os custos adicionais da tecnologia Femtosegundo ¹⁷.

6.5 Efeito nas células endoteliais

Uma das principais vantagens propostas para a implementação do LASER Femtosegundo foi a redução do tempo efetivo da facoemulsificação, reduzindo o dano dos tecidos colaterais, particularmente do endotélio corneano ²⁹, bem como a redução da energia de ultrassom recebida pela câmara anterior, diminuindo a inflamação pós-operatória, e resultando em menores taxas de edema da córnea e perda de células endoteliais ³⁹.

6.6 Resultados na visão

Um dos principais benefícios previsto da melhoria da precisão e do menor uso de energia na cirurgia com LASER Femtosegundo passa pela diminuição dos danos colaterais e por uma recuperação visual mais rápida, o que se deveria refletir em melhores resultados na visão.

Conrad-Hengerer, *et al*, num estudo prospetivo randomizado intraindividual com uma amostra de 100 doentes, que foram submetidos a cirurgia da catarata bilateralmente, com 100 olhos submetidos a FLACS e 100 olhos intervencionados com facoemulsificação convencional (cada doente foi intervencionado com as duas técnicas), relatou um pequeno efeito benéfico do emprego do LASER Femtosegundo ⁴⁵. Na avaliação realizada aos 6 meses, 92% dos doentes submetidos a FLACS e 71% dos submetidos ao método convencional distaram 0,50 D da refração pretendida e 100% dos doentes de ambos os grupos divergiram até 1.00 D do alvo refratário. Este estudo demonstrou melhorias mínimas nos resultados visuais e resultados refrativos semelhantes ao método standard ao fim de 6 meses, contudo detetou uma menor

inflamação e mais rápida estabilização da profundidade da câmara anterior, com o FLACS ⁴⁵.

Ewe, *et al* realizou um estudo prospetivo para comparar os resultados visuais e refratários da abordagem cirúrgica com o LASER Femtosegundo (*Catalys*) e com facoemulsificação manual standard, numa amostra de 988 olhos e 888 olhos, respetivamente. A amostra foi obtida em dois centros, tendo os procedimentos sido realizados por dois cirurgiões ⁴⁰. O estudo detetou que o grupo submetido a FLACS obteve uma acuidade visual média pós-operatória melhor e maior percentagem de doentes que atingiram acuidade visual superior ou igual a 20/30 e 20/40 ou melhor. Contudo, destacam-se diferenças de base entre os grupos, sendo a acuidade visual pré-operatória significativamente pior no grupo da Facoemulsificação do que no grupo de FLACS.

Na avaliação do primeiro mês após a cirurgia, a acuidade visual média não corrigida foi semelhante entre os grupos, e a percentagem de doentes que alcançaram acuidade visual de 20/20 ou melhor foi superior no grupo submetido a facoemulsificação standard. No grupo submetido ao LASER Femtosegundo, a média de erro refrativo absoluto foi superior e, verificou-se uma menor percentagem de olhos a atingirem até 0.5 dioptrias de erro refrativo planeado, comparativamente aos doentes submetidos a facoemulsificação manual. Este estudo não demonstrou qualquer benefício visual clinicamente significativo no uso do FLACS comparativamente ao método standard ⁴⁰.

6.7 Segurança

Dependendo da plataforma de LASER utilizada, o procedimento cirúrgico poderá ser realizado na sua totalidade numa mesma sala de bloco operatório ou o procedimento de LASER Femtosegundo poderá ser executado numa divisão (frequentemente designada *laser suite*), sendo o doente posteriormente transferido para o bloco operatório, onde a cirurgia seria terminada. A necessidade de transferência do doente entre duas divisões separadas, com diferentes ambientes de assepsia, é considerada questionável, em termos éticos e de assepsia, podendo contribuir como uma fonte de contaminação ocular ⁴⁶.

Existem algumas complicações que podem estar associadas ao procedimento LASER Femtosegundo, nomeadamente a constrição pupilar, rutura capsular anterior ou posterior, perfuração da córnea, síndrome de bloqueio capsular, grandes aumentos da pressão intraocular, capsulotomia incompleta, pupila instável, miose reflexa ou

hemorragia subconjuntival ^{19,47}. Ewe, *et al* registou uma maior incidência de rutura capsular anterior ou posterior, trauma da membrana de Descemet e edema macular cistoide no grupo tratado com LASER Femtosegundo relativamente ao procedimento *standard* ⁴⁰.

Um estudo retrospectivo desenvolvido por Chen, *et al* analisou as complicações registadas nos procedimentos realizados por cirurgiões experientes. Numa amostra de 273 olhos submetidos a FLACS e em 553 submetidos à facoemulsificação manual, detetou-se uma percentagem significativamente superior de complicações intra-operatórias no grupo submetido ao procedimento *standard* (1,8% vs. 5,8%) ³¹. FLACS foi considerado o procedimento mais seguro.

Abordando a perceção do doente relativamente à Facoemulsificação e ao LASER Femtosegundo, verificou-se que, numa população de doentes submetidos a cirurgia bilateral, o primeiro procedimento com a facoemulsificação e o segundo com o LASER Femtosegundo, 63.8% dos doentes revelaram ter experienciado mais dor na cirurgia com LASER Femtosegundo e 57.4% recomendariam a cirurgia convencional preferencialmente à cirurgia com LASER Femtosegundo ⁴⁷.

7. Conclusões e Futuro

A adoção do LASER Femtosegundo na cirurgia da catarata tem dividido opiniões pois resulta da adaptação de uma tecnologia já utilizada em outras áreas, a um procedimento cirúrgico que, à data, era já bem sucedido ⁷. O LASER Femtosegundo surge como um complemento à técnica atual, cujo emprego tem por objetivo minorar os riscos cirúrgicos e maximizar a melhoria visual obtida. A implementação de uma nova técnica cirúrgica, numa área em que existe um *gold standard* muito seguro e eficaz, com resultados muito satisfatórios, com ampla aceitação pelos profissionais e com custos definidos mais baixos e investimentos já realizados, implica a existência de evidências que comprovem resultados significativamente superiores nos procedimentos cirúrgicos passíveis de melhoria, para que haja a rentabilização do investimento monetário e da curva de aprendizagem inerentes à nova tecnologia.

Estão teorizadas vantagens resultantes das características do LASER Femtosegundo que foram avaliadas nesta revisão. Verificou-se, em dois dos estudos analisados, a vantagem da aplicação de FLACS na criação de capsulotomias mais precisas, uniformes e previsíveis ^{23,38}. Foi revisto também um estudo que não apurou

uma influência relevante da diferença das dimensões da capsulotomia, alcançadas manualmente ou com o FLACS, nos resultados, 3 meses após o procedimento ³⁶.

Estudos analisados encontraram reduções significativas no tempo efetivo de facoemulsificação ^{23,32,41} e um menor tempo de remoção do núcleo com FLACS ³². Verificou-se uma diminuição na energia cumulativa dissipada, mesmo em cataratas duras ^{23,32,41}, exceto num estudo, que não o demonstrou ³². A redução da energia de ultrassom necessária na FLACS, diminuiu o dano biomecânico da córnea e resultou em menores taxas de edema da córnea e perda de células endoteliais ³⁹. Destacou-se também que a capacidade de FLACS criar menores fragmentos na facoemulsificação, resulta em menores requisitos de tempo e energia aplicada para se realizar uma remoção completa da catarata, aumentando a eficiência da facoemulsificação ^{23,32}.

A maior precisão das incisões produzidas pelo FLACS permite minorar o astigmatismo ²⁹ e a criação de portas de entrada com incisões auto-estanques, com melhor cicatrização, maior estabilidade, reprodutibilidade e menor extravasamento ^{22,42}.

A curva de aprendizagem inerente à introdução de uma nova técnica foi patente nos estudos avaliados, tendo-se verificado uma diminuição das complicações e das intercorrências com o aumento da experiência cumulativa ^{8,30,37}. Verificou-se também que esta tecnologia, pela criação de incisões mais previsíveis e reprodutíveis, permite atenuar as discrepâncias nos parâmetros relativos a energia cumulativa dissipada e tempo de remoção do núcleo, entre profissionais com diferente experiência ³².

Relativamente aos resultados visuais, os estudos não revelaram benefícios visuais clinicamente significativos decorrentes do uso da tecnologia FLACS. ^{40,45}.

Na avaliação da segurança da FLACS, os estudos relativos às complicações decorrentes do procedimento cirúrgico não são consensuais. Um estudo com uma amostra populacional importante (1876 olhos) registou uma maior incidência de ruptura capsular anterior ou posterior, trauma da membrana de Descemet e edema macular cistoide no grupo tratado com FLACS comparativamente ao procedimento *standard* ⁴⁰. Um estudo, com uma menor amostra (826 olhos) detetou uma percentagem significativamente superior de complicações intra-operatórias no grupo submetido ao procedimento *standard*, tendo FLACS sido considerado o procedimento mais seguro ³¹.

Nos critérios subjetivos, não se destacaram benefícios marcados da FLACS, tendo-se verificado inclusive mais dor e pior experiência global subjetiva reportada pelos doentes intervencionados com a nova técnica FLACS ⁴⁷.

O custo elevado da tecnologia FLACS apresenta-se como um dos mais relevantes entraves à sua implementação, tendo-se demonstrado que atualmente o procedimento FLACS não apresenta uma relação positiva de custo-eficácia ⁴⁴. Contudo, o custo é atualmente perspetivado como um dos parâmetros passíveis de ser atenuado

pelo desenvolvimento tecnológico e pela disseminação do procedimento ⁷ e de ser rentabilizado pelas melhorias na eficiência, no número de casos tratados e/ou se o preço da interface do doente for reduzido consideravelmente ¹⁷.

Nesta revisão bibliográfica não se verificou um consenso relativamente à equivalência ou superioridade do LASER Femtosegundo face ao procedimento *standard*, não sendo os resultados conclusivos.

Nota-se a carência de estudos com maior período de *follow-up*, de modo a avaliar os resultados a longo prazo e as possíveis complicações ou benefícios neste período, e com maiores populações, assinalando-se a existência de poucos estudos de larga escala, com populações significativas, e de estudos com randomização e dupla-ocultação, fatores capazes de induzir vieses nos resultados.

8. Referências Bibliográficas

1. Liu Y-C, Wilkins M, Kim T, Malyugin B, Mehta JS. Cataracts. *The Lancet* 2017;390:600-12.
2. Lee J, Fos P, Zuniga M, Kastl P, Sung J. Assessing health-related quality of life in cataract patients: the relationship between utility and health-related quality of life measurement. *Quality of Life Research* 2000;9:1127-35.
3. Trikha S, Turnbull A, Morris R, Anderson D, Hossain P. The journey to femtosecond laser-assisted cataract surgery: new beginnings or a false dawn? *Eye* 2013;27:461.
4. Thompson J, Lakhani N. Cataracts. Primary Care: Clinics in Office Practice 2015;42:409-23.
5. Soong HK, Malta JB. Femtosecond lasers in ophthalmology. *American journal of ophthalmology* 2009;147:189-97. e2.
6. Abell RG, Darian-Smith E, Kan JB, Allen PL, Ewe SY, Vote BJ. Femtosecond laser-assisted cataract surgery versus standard phacoemulsification cataract surgery: outcomes and safety in more than 4000 cases at a single center. *Journal of Cataract & Refractive Surgery* 2015;41:47-52.
7. Feldman BH. Femtosecond laser will not be a standard method for cataract extraction ten years from now. *Survey of ophthalmology* 2015;60:360-5.
8. Abell RG, Kerr NM, Vote BJ. Femtosecond laser-assisted cataract surgery compared with conventional cataract surgery. *Clinical & experimental ophthalmology* 2013;41:455-62.
9. West S. Epidemiology of cataract: accomplishments over 25 years and future directions. *Ophthalmic epidemiology* 2007;14:173-8.
10. Abraham AG, Condon NG, West Gower E. The New Epidemiology of Cataract. *Ophthalmology Clinics* 2006;19:415-25.
11. Moreira J, Ribeiro I, Mota Á, *et al.* Cataratas em Idade Pediátrica: Estudo Retrospectivo de 12 Anos (2004-2016). *Acta Medica Portuguesa* 2017;30.
12. Congdon N, Vingerling J, Klein B, *et al.* Prevalence of cataract and pseudophakia/aphakia among adults in the United States. *Archives of ophthalmology (Chicago, Ill: 1960)* 2004;122:487-94.
13. Palanker DV, Blumenkranz MS, Andersen D, *et al.* Femtosecond laser-assisted cataract surgery with integrated optical coherence tomography. *Science translational medicine* 2010;2:58ra85-58ra85.
14. Varma R, Torres M. Prevalence of lens opacities in Latinos: the Los Angeles Latino eye study. *Ophthalmology* 2004;111:1449-56.
15. Al-Akily SA, AlShaer MY, Bamashmus MA, AlBarrag AO, Alkhatib TK, Al-Akhlee HA. Cataract surgical rate in Yemen: 2012. *Saudi Journal of Ophthalmology* 2017;31:25-9.
16. World Health Organization. Disponível em: <http://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/blindness-and-visual-impairment>. Consultado pela última vez a 2018/03/26.
17. Roberts H, Ni M, O'Brart D. Financial modelling of femtosecond laser-assisted cataract surgery within the National Health Service using a 'hub and spoke' model for the delivery of high-volume cataract surgery. *BMJ open* 2017;7:e013616.
18. Ascaso F, Huerva V. The history of cataract surgery. *Cataract Surgery: InTech*; 2013.
19. Nagy ZZ, McAlinden C. Femtosecond laser cataract surgery. *Eye and Vision* 2015;2:11.
20. Grewal DS, Schultz T, Basti S, Dick HB. Femtosecond laser-assisted cataract surgery—current status and future directions. *survey of ophthalmology* 2016;61:103-31.
21. Mimura T YKR. Use of the Femtosecond Laser for Cataract Surgery with Intraocular Lens Implantation. *J Transplant Technol* 2012.

22. Nagy ZZ. Advanced technology IOLs in cataract surgery: pearls for successful femtosecond cataract surgery. *International ophthalmology clinics* 2012;52:103-14.
23. Nagy Z, Takacs A, Filkorn T, Sarayba M. Initial clinical evaluation of an intraocular femtosecond laser in cataract surgery. *Journal of refractive surgery* 2009;25:1053.
24. Popovic M, Campos-Möller X, Schlenker MB, Ahmed IIK. Efficacy and Safety of Femtosecond Laser-Assisted Cataract Surgery Compared with Manual Cataract Surgery: A Meta-Analysis of 14 567 Eyes. *Ophthalmology* 2016;123:2113-26.
25. Ibrahim T, Goernert P, Rocha G. Intraoperative outcomes and safety of femtosecond laser-assisted cataract surgery: Canadian perspective. *Canadian Journal of Ophthalmology* 2018.
26. Berk TA, Schlenker MB, Campos-Möller X, Pereira AM, Ahmed IIK. Visual and Refractive Outcomes in Manual versus Femtosecond Laser-Assisted Cataract Surgery: A Single-Center Retrospective Cohort Analysis of 1838 Eyes. *Ophthalmology* 2018.
27. Bissen-Miyajima H, Hirasawa M, Nakamura K, Ota Y, Minami K. Safety and reliability of femtosecond laser-assisted cataract surgery for Japanese eyes. *Japanese journal of ophthalmology* 2018;62:226-30.
28. Mohammadpour M, Erfanian R, Karimi N. Capsulorhexis: Pearls and pitfalls. *Saudi Journal of Ophthalmology* 2012;26:33-40.
29. Homer N, Jurkunas UV. The Use of Femtosecond Laser in Refractive and Cataract Surgery. *International ophthalmology clinics* 2017;57:1-10.
30. Roberts TV, Lawless M, Bali SJ, Hodge C, Sutton G. Surgical outcomes and safety of femtosecond laser cataract surgery: a prospective study of 1500 consecutive cases. *Ophthalmology* 2013;120:227-33.
31. Chen M, Swinney C, Chen M. Comparing the intraoperative complication rate of femtosecond laser-assisted cataract surgery to traditional phacoemulsification. *International journal of ophthalmology* 2015;8:201.
32. Yesilirmak N, Diakonis VF, Batlle JF, *et al.* Comparison of phacoemulsification parameters between manual and femtosecond laser-assisted cataract surgery. *Canadian Journal of Ophthalmology* 2018.
33. Friedman NJ, Palanker DV, Schuele G, *et al.* Femtosecond laser capsulotomy. *Journal of Cataract & Refractive Surgery* 2011;37:1189-98.
34. Dooley IJ, O'Brien PD. Subjective difficulty of each stage of phacoemulsification cataract surgery performed by basic surgical trainees. *Journal of Cataract & Refractive Surgery* 2006;32:604-8.
35. Packer M, Teuma EV, Glasser A, Bott S. Defining the ideal femtosecond laser capsulotomy. *British Journal of Ophthalmology* 2015;bjophthalmol-2014-306065.
36. Findl O, Hirschschall N, Draschl P, Wiesinger J. Effect of manual capsulorhexis size and position on intraocular lens tilt, centration, and axial position. *Journal of Cataract & Refractive Surgery* 2017;43:902-8.
37. Ibrahim T, Goernert P, Rocha G. Effect of femtosecond laser on efficiency of cataract surgery in public setting. *Canadian Journal of Ophthalmology* 2018;53:56-9.
38. Kránitz K, Takacs A, Miháلتz K, Kovács I, Knorz MC, Nagy ZZ. Femtosecond laser capsulotomy and manual continuous curvilinear capsulorhexis parameters and their effects on intraocular lens centration. *Journal of Refractive Surgery* 2011;27:558-63.
39. Abell RG, Kerr NM, Howie AR, Kamal MAM, Allen PL, Vote BJ. Effect of femtosecond laser-assisted cataract surgery on the corneal endothelium. *Journal of Cataract & Refractive Surgery* 2014;40:1777-83.
40. Ewe SY, Abell RG, Oakley CL, *et al.* A comparative cohort study of visual outcomes in femtosecond laser-assisted versus phacoemulsification cataract surgery. *Ophthalmology* 2016;123:178-82.
41. Chen X, Yu Y, Song X, Zhu Y, Wang W, Yao K. Clinical outcomes of femtosecond laser-assisted cataract surgery versus conventional phacoemulsification surgery for hard nuclear cataracts. *Journal of Cataract & Refractive Surgery* 2017;43:486-91.

42. Masket S, Sarayba M, Ignacio T, Fram N. Femtosecond laser-assisted cataract incisions: architectural stability and reproducibility. *Journal of Cataract & Refractive Surgery* 2010;36:1048-9.
43. Bali SJ, Hodge C, Lawless M, Roberts TV, Sutton G. Early experience with the femtosecond laser for cataract surgery. *Ophthalmology* 2012;119:891-9.
44. Ewe SY, Abell RG, Vote BJ. Femtosecond laser-assisted versus phacoemulsification for cataract extraction and intraocular lens implantation: clinical outcomes review. *Current opinion in ophthalmology* 2018;29:54-60.
45. Conrad-Hengerer I, Al Sheikh M, Hengerer FH, Schultz T, Dick HB. Comparison of visual recovery and refractive stability between femtosecond laser-assisted cataract surgery and standard phacoemulsification: six-month follow-up. *Journal of Cataract & Refractive Surgery* 2015;41:1356-64.
46. Dick HB, Gerste RD. Plea for femtosecond laser pre-treatment and cataract surgery in the same room. *Journal of Cataract & Refractive Surgery* 2014;40:499-500.
47. Mursch-Edlmayr AS, Bolz M, Luft N, *et al.* Intraindividual comparison between femtosecond laser-assisted and conventional cataract surgery. *Journal of Cataract & Refractive Surgery* 2017;43:215-22.